

XJ4810 型半导体管特性图示仪

概述

XJ4810 型半导体管特性图示仪是一种用示波管显示半导体器件的各种特性曲线，并可测定其静态参数的测试仪器。可以测试的器件有：晶体二极管、稳压管、晶体三极管和场效应管的静态特性和反向击穿特性。可以测试的参数有 h_{fe} , g_m , I_{ceo} 等。

前面板单元划分参见图 2.5.1。

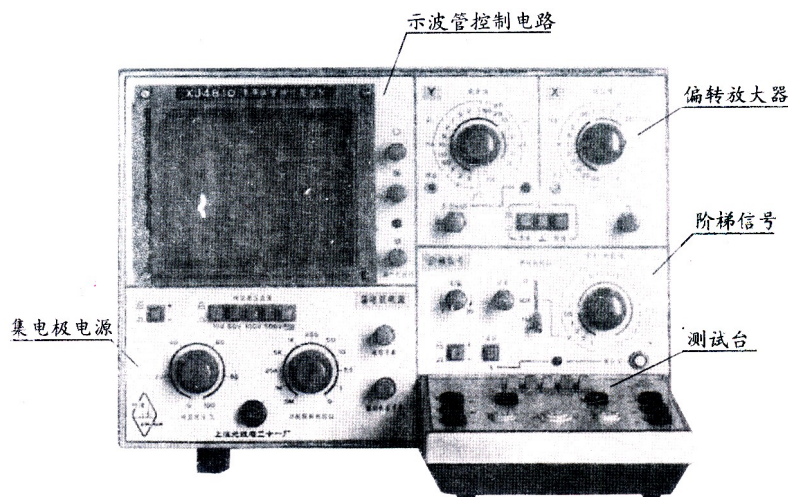


图 2.5.1 图示仪前面板

前面板的主要分区为：示波管控制区、偏转放大区、集电极电源、阶梯信号、测试台。

两簇测试的时候，侧面的二簇移位旋钮可以水平移动第二簇的位置。

1. 阶梯信号区

- 42AJ18 极性选用： 决定于被测半导体的需要，比如采用基极电流信号的时候，NPN 为正，PNP 为负。
- 40W2 级/簇： 用来调节阶梯信号的级数在 0 到 10 的范围，连续可调整。比如一簇三极管输出特性曲线的分权数。
- 40W1 调零： 将阶梯信号调整到和面板“零电压”键一样的调整电位器。
- 40K1 阶梯信号选择开关： 22 档，二作用开关。基极电流 0.2 μ A/级~50mA/级共 17 档。基极源电压 0.05V/级~1V/级。
- 42AJ1A 开关： 重复、关。重复使阶梯信号重复出现，做正常的测试。关使阶梯信号处于待触发状态。
- 40K3 单簇按开关： 单簇的按动，其作用是出现触发一次信号。可以用瞬间测量来看器件的一些极限特性。

2. 集电极电源区

- 50AJ1 峰值电压范围： 可以在 4 档调。开始测试应该采用低电压档 0~10V，然后渐

渐上加。

51AJ1 极性：集电极电压极性，一般 NPN 型为正。与测试目的和要求有关系。

50B1 峰值电压%：连续调整峰值电压，属于 50AJ1 各个档的细调。开始应该条到 0，慢慢增大。

50K1 功耗限制电阻：串联在集电极电路上的电阻值，开始要选大的，保护被测试晶体管。然后渐渐放小。

50W2 电容平衡电阻：平衡容性电流，提高测试质量。

50W1 辅助电容平衡：对内部线圈绕组的对地电容的不对称性进行平衡。

3. Y 轴、X 轴作用选择

Y 轴 20K1 电流/度开关：22 档，四种作用开关，分别是集电极电流 I_c 、二极管漏电流 I_R 、基极电流或源电压（面板用台阶表示）、外接信号。

Y 轴 20Ks 电流/度*0.1 倍率开关：纵向图形扩展 10 倍。

Y 轴 20W1 移位：波形的纵向平移。

X 轴 20K2 电压/度开关：17 档，四种作用开关，分别是集电极电压 V_{ce} 、基极电压 V_{BE} 、基极电流或基极源电压（面板用台阶表示）、外接信号。

X 轴 20W1 移位：波形的横向平移。

4. 测试台

70AJ1 测试选择开关：

“零电流”：是将半导体基极的空接。比如测试 I_{ceo} 的时候这样做。

“零电压”：是将半导体基极的接地。

“左”、“右”：是测试左还是右的选择。

“二簇”：是两左右个晶体管同时得到测量。

面板上的左面标 E、B、C 的符号的都电气上短接，左边也如此。标 I_R 线的接头可以测试二极管反向漏电流。

技术指标

1. Y 轴偏转因数

集电极电流范围 (I_c)：10 μ A/div \sim 0.5A/div 分 15 档，误差不超过 $\pm 3\%$

二极管反向漏电流 (I_R)：

0.2 μ A/div \sim 5 μ A/div 分 5 档

0.2 μ A/div \sim 5 μ A/div，误差不超过 $\pm 3\%$

0.2 μ A/div，0.5 μ A/div，1 μ A/div，误差分别不超过

$\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$

基极电流和基极源电压：0.05V/div，误差不超过 $\pm 3\%$

外接输入：0.05V/div，误差不超过 $\pm 3\%$

偏转倍率： $\times 0.1$,误差不超过 $\pm(10\%\pm 10\text{nA})$

2. X轴偏转因数

- 集电极电压范围： $0.05\text{V/div}\sim 50\text{V/div}$ 分 10 档，误差不超过 $\pm 3\%$
基极电压范围： $0.05\text{V/div}\sim 1\text{V/div}$ 分 5 档，误差不超过 $\pm 3\%$
基极电流或基极源电压： 0.05V/div ，误差不超过 $\pm 3\%$
外接输入： 0.05V/div ,误差不超过 $\pm 3\%$

3. 阶梯信号

- 阶梯电流范围： $0.2\mu\text{A/级}\sim 50\text{mA/级}$ ，分 17 档
 $1\mu\text{A/级}\sim 50\text{mA/级}$,误差不超过 $\pm 5\%$
 $0.2\mu\text{A/级}\sim 0.5\mu\text{A/级}$,误差不超过 $\pm 7\%$
阶梯电压范围： $0.05\text{V/级}\sim 1\text{V/级}$ 分 5 档，误差不超过 $\pm 5\%$
串联电阻： $0.10\text{k}\Omega$ 、 $1\text{M}\Omega$ 分 3 档，误差不超过 $\pm 10\%$
每簇级数： 1 到 10 连续可调
每秒级数： 200（若市电频率为 50Hz）
极性： 正、负两档

4. 集电极扫描信号

- 峰值电压和峰值电流容量： 各档级电压连续可调，其最大输出不低于下表要求
 （AC 例外）,参见表 2.6.1。
功耗限制电阻： $0\sim 0.5\text{M}\Omega$ 分 11 档，误差不超过 $\pm 10\%$

表 2.6.1 峰值电压和峰值电流容量

档级 电源电压	198V	220V	242V
0~10V 档	0~9V 5A	0~10V 5A	0~11V 5A
0~50V 档	0~45V 1A	0~50V 1A	0~55V 1A
0~100V 档	0~90V 0.5A	0~100V 0.5A	0~110V 0.5A
0~500V 档	0~450V 0.1A	0~500V 0.1A	0~550V 0.1A

5. 其他

- 电源电压需求： $220\text{V}\pm 10\%$
电源频率需求： $50\text{Hz}\pm 5\%$
视在功率： 非测试状态时 约 50VA
 最大功率 约 80VA

工作原理

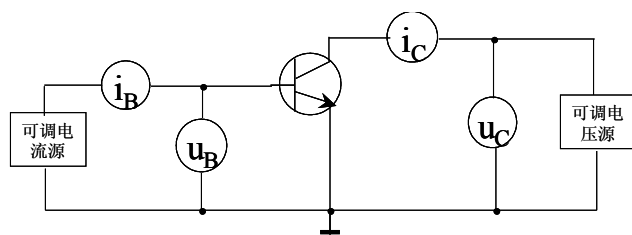


图2.5.2 测试晶体管输出特性曲线的示意图

可以通过测试三极管的输入输出电压、电流来测试其输出特性曲线。如图 2.5.2 所显示。这种方法采用仪器来做，用如图 2.5.3 的方式来测量，测试 I_c-U_{ce} 曲线示意图。

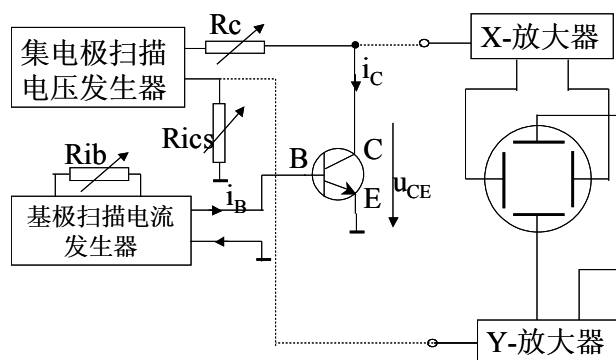


图2.5.3 测试 I_c-U_{ce} 曲线示意图

在图 2.5.3 中，可以调节 R_{ib} 来调整流发生器源的台阶。 R_c 做为集电极功耗限过集电极扫描电压发生器提供到集电极的 u_{CE} 和参见图 2.5.4。

图 2.5.3 中两个激励源的作用下可以测出特性曲线。显然示波管 X 方向由 u_{CE} 来小取样电阻将 i_c 转换成电压值，所以 Y 方控制，所以就可以在屏幕上绘制 i_c-u_{CE} 曲线 2.5.13。

图示仪能测试三极管的多种曲线，原理 2.5.5。

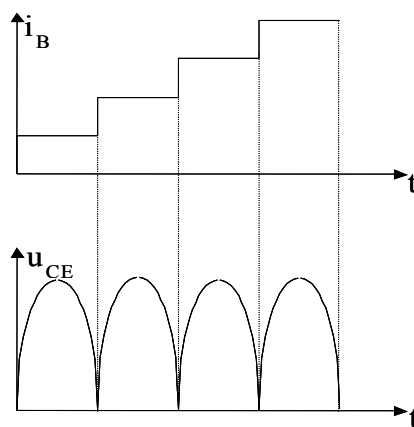


图2.5.4基极电流和集电极电压

基极台阶电制电阻。通电压。 i_c 和

试三极管输控制。 R_{ics} 向实际由 i_c 线，参考图

框图参见图

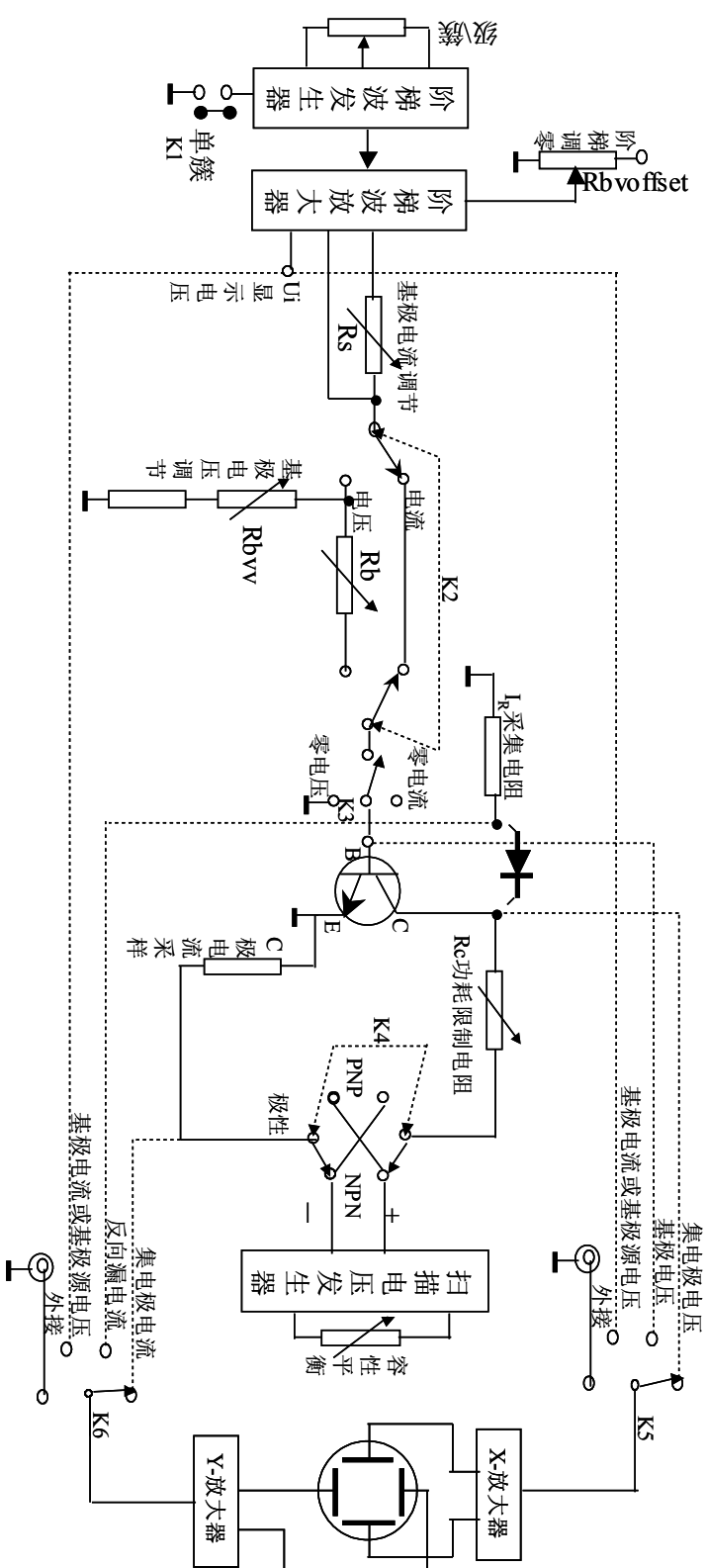


图 2.5.5 图示仪器原理框图

下面对图示仪各主要组成部分做简要介绍。这个电路比较典型，值得分析。更详尽的了解应参见技术说明书和其详细电路图。

a) 阶梯信号发生器

50Hz 的市电通过整流、调整相位、组合得到 200Hz 的脉冲流，然后驱动计数器，再驱动 D/A 电阻转换网络产生一个受控台阶电压波形。台阶的个数最多 16 级，但采用电平比较和反馈控制机制，通过调整电位器实现“级/簇”的调整即决定了一簇特性曲线的分权数。

另外还有按键开关可以触发产生一次类似图 2.5.4 的阶梯电压或电流信号，然后能恢复到等待触发的状态，这样就可以做一些极限特性测试，不会损坏管子。

后面的阶梯波放大器电路具有阶梯调零电阻，可以将图 2.5.5 中的三极管的 B 极和零电压相接，显示器的 Y 方向设为基极电压曲线，得到基极电压为 0 所对应的屏幕位置，记为 P1，接着将图 2.5.5 中的三极管的 B 极和阶梯发生器的任一端相接，调整阶梯调 0，使基极电压曲线到 P1，就可以完成对阶梯的调零。

阶梯电压放大电路中有极性转换电路，可要的各种正负阶梯信号，然后用一个如图 2.5.6 路产生电流源信号，可以推导得，

$I_{rs}=I_{rl}=I_l=U_i/R_s$ 。也就是 I_{rs} 输出是一个电压控这个控制电压 U_i 就可以送到显示器去控制显示 K2 接到电流位置的时候， U_i 解释为基极电流，电压位置的时候， U_i 解释为基极电压，这样就 X、Y 放大器对基极电流和基极源电压的显示。

如果要得到基极电流源，那么直接将 K2 接档。如果要得到电压，那么将 K2 接到基极电压 2.5.5 中，K3 开关也提供 0 电压和 0 电流选择，些测试项目。

实际电路中基本原理上和框图所示相同，但是联动开关和可变电阻等都有各自具体的形式。并且图 2.5.6 电流源的电流驱动能力比较小，后面用多个晶体配合的扩展电路可以增大其电流的输出能力，也用保护电路抗基极损坏性输入。

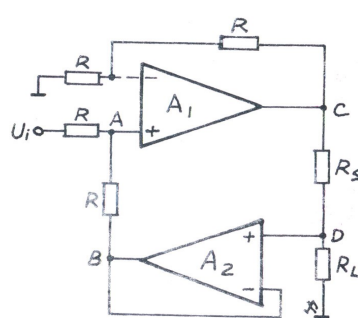


图 2.5.6 电流源原理图

以产生所需的原理的电流源。波形，在在 K2 接到实现了

到基极电流挡。在图可以用于一些

b) 集电极扫描发生器

在图 2.5.5 中，电压扫描发生器可以通过全波整流产生图 2.5.4 的下边的电压波形。并且可以应不同的管形通过 K4 改变极性。功耗限制电阻 R_c 可以限制 I_c 的大小，保证器件的安全，并可以保证测到完整的曲线波形。

I_c 通过一个小取样电阻变换成电压信号，可用于控制示波管。

在图 2.5.5 中，有容性平衡。主要有两种。

一种是对应面板的电容平衡。由于电路中集电极输出端对地的各种杂散电容（各种开关、功耗电阻、被测试管的输出电容）的存在，这些容性阻抗在电压作用下，总体上会使 I_c 产生本来所不具有的寄生容性电流，寄生容性电流会被取样电阻取样。而图示仪虽然是扫描测试，但测试的还是近似的静态特性曲线，所以部分电流并不是所要的电流，要采用平衡电路将其从取样电阻支路中削减掉，调整有关可变电阻最大限度的削减该电流，使得所测静态特性曲线最理想。好的设计者常能在实践中发现问题、分析情况、提出了可行的改进措施。

另一种是对应面板的辅助电容平衡。50Hz 变压器上有两个用于全波整流的次级绕组，各负责半周。二者对地的电容不对称，这样会导致相临半周内的电压波形不对称或者波形形变等问题。所以用 RC 性网络做电容平衡。

这部分在面板上有两个电容平衡的电位器旋钮，和框图中不一样。这部分实际上和阶梯波发生部分是联动的，二者都有 50Hz 的同源交流电驱动。

c) Y轴放大器和X轴放大器

X、Y轴放大器的结构基本相同，两者都是有二组差分输入和一组差分输出的负反馈放大器。由于采用的电压和控制要求比较多，所以采用还是要采用分立器件做成。

输入信号的大小通过X、Y轴的来完成的。Y增益校正分为总增益校正扩展校正。X增益校正也通过一个电X、Y两方向的平移电路也在此实现。

该仪器还可以实现两个晶体管同右边一簇的水平位移也在此完成。相器在仪器侧面。

另外Y轴选择开关置 I_R 的时候，连接的示意图参见图2.5.7。扫描电压管上二极管的P极近似地， I_R 取样电一定的电压降低，应该结合手册对测行校准。

当然由于是测量仪器，参数值定都合乎测量定标。为了能校准和允许固定标称值器件的不准确性，都留了一些可调电阻。为了能够使使用者比较简单方便的调整面板设置，电路中用了多个连线复杂的联动开关和按键。

d) 其他部分

低压电源，提供各个部分电路工作。有 $\pm 15V$ ， $\pm 200V$ ， $\pm 100V$ ， $\pm 100V$ 。这些电压可以满足普通三极管的测量要求。采用调整管也采用集成温压芯片。对于有瞬间短路可能的电源端加有保护管。

高频高压部分：通过振荡变压器提升高压、整流得到 $\pm 1500V$ 的电压，还通过对输出的-1500取样，和标准电压比较，反馈控制使得电压稳定在 $\pm 1500V$ 。

使用方法

(一) 测试过程

1. 开机，如有必要，比照“零电压”做“阶梯调零”，二种情况下基极阶梯电压线应该相等。
2. 根据被测试管的型号和测试项目，调整面板上的旋钮到合适位置。将测试的“峰值电压范围”调到 $0\sim 10V$ ，集电极电压极性，一般NPN型为正。与测试目的和要求有关系。“峰值电压%”：开始应该条到0。“功耗限制电阻”：要选大的，保护被测试晶体管。
3. 将被测试的管子正确插入测试台。然后增大“峰值电压%”，调整“峰值电压范围”、“功耗限制电阻”直到得到满意的曲线为止。可以调整屏幕，使波形易于观察。
4. 用透明纸张描下曲线，或者拍摄曲线，取得结果。

(二) 测试举例

1. 测量NPN型3DK2半导体管的特性曲线 i_C-u_{CE}

峰值电压范围	$0\sim 10V$
峰值电压极性	正(+)

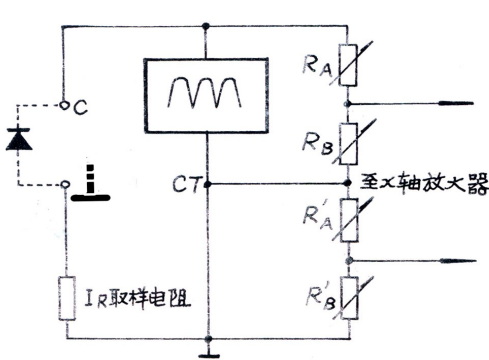


图 2.5.7 漏极电流测定示意图

选择开关正和 $\times 0.1$ 位器完成。
时测量，关的电位
电路电路加在二极管上会有得曲线进

功耗电阻	250 欧姆
X 轴	集电极电压：1V/度
Y 轴	集电极电流：1mA/度
阶梯信号	重复
阶梯极性	正 (+)
阶梯选择	20uA/级

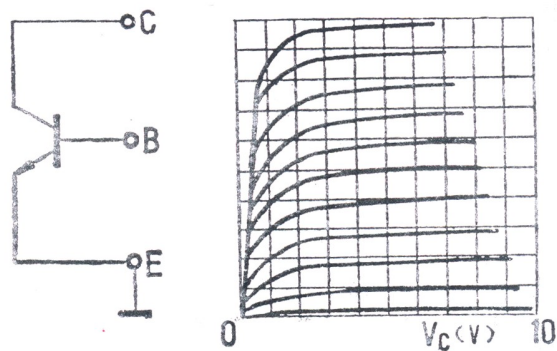


图 2.5.8 测量输出特性曲线 i_c-u_{ce}

2. NPN 型 3DK2 半导体的 h_{FE}

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	正 (+)
功耗电阻	250 欧姆
X 轴	基极电流
Y 轴	集电极电流：1mA/度
阶梯信号	重复
阶梯极性	正 (+)
阶梯选择	2uA/级

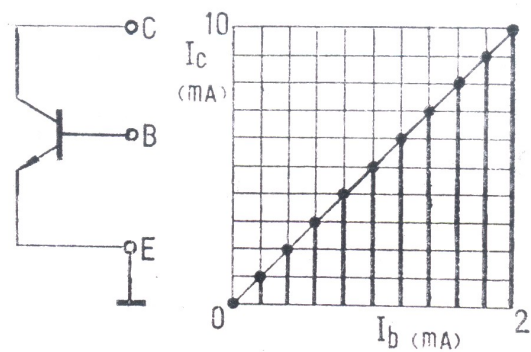


图 2.5.9 测 NPN 型 3DK2 半导体的 h_{FE}

3. N沟耗尽型管 3DJ7 的特性曲线

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	正 (+)
功耗电阻	1k 欧姆
X 轴	集电极电压：1V/度
Y 轴	集电极电流：0.5mA/度
阶梯信号	重复
阶梯极性	负 (-)
阶梯选择	0.2V/度

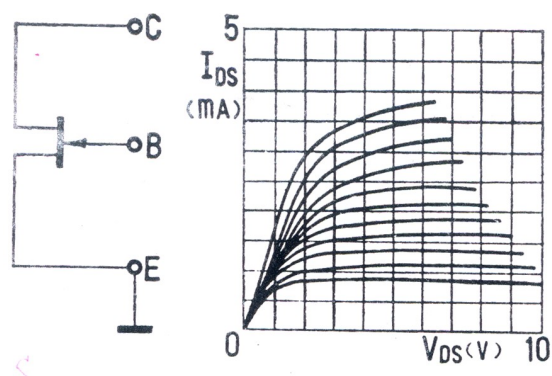


图 2.5.10 N 沟耗尽型管 3DJ7 的特性曲线 h_{FE}

4. 硅整流二极管 2CZ82C 的特性曲线

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	正 (+)
功耗电阻	250 欧姆
X 轴	集电极电压：0.1V/度
Y 轴	集电极电流：10mA/度

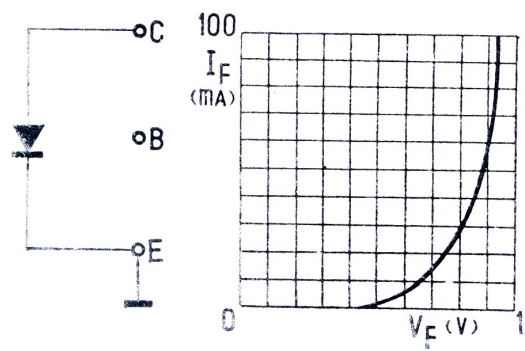


图 2.5.11 硅整流二极管 2CZ82C 的特性曲线

5. 稳压二极管 2CW19 的特性曲线

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	负 (-)
功耗电阻	5K 欧姆
X 轴	集电极电压：5V/度
Y 轴	集电极电流：1mA/度

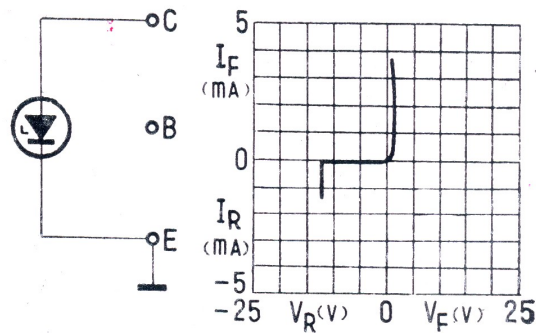


图 2.5.12 硅整流二极管 2CW19 的特性曲线

6. 整流二极管 2DP5C 反向电流测试

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	正 (+)
功耗电阻	1k 欧姆
X 轴	集电极电压：1V/度
Y 轴	反向漏电流：0.2uA/度
倍率	0.2uA/度

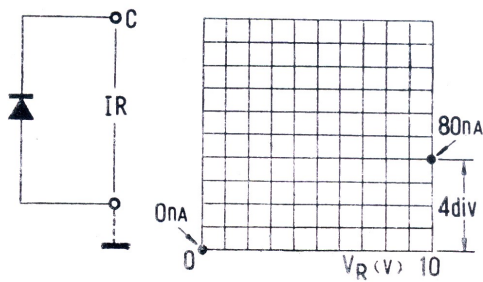


图 2.5.13 N 沟耗尽型管 3DJ7 的特性曲线

7. NPN 型 3DG8 二簇特性曲线比较

峰值电压范围	0~10V
峰值电压极性	正 (+)
功耗电阻	250 欧姆
X 轴	集电极电压：1V/度

Y 轴	集电极电流：1mA/度
阶梯信号	重复
阶梯极性	正 (+)
阶梯选择	10uA/级
测试选择	二簇

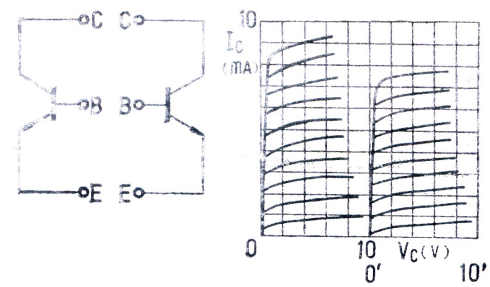


图 2.5.14 NPN 型 3DG8 二簇特性曲线比较